

10/789, 423

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND** 7-22-4

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**



**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 09 677.9

**Anmeldetag:** 27. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG, 81669 München/DE;  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der ange-  
wandten Forschung eV, 80636 München/DE.

**Bezeichnung:** Lot, mikroelektromechanisches Bauelement und  
Bauteil sowie ein Verfahren zur Herstellung eines  
Bauelementes oder Bauteils

**IPC:** B 23 K, H 01 L, B 81 C

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 19. Februar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

**BEST AVAILABLE COPY**

**PRIORITY DOCUMENT  
CERTIFIED COPY OF**

**CERTIFIED COPY**

Lot, mikroelektromechanisches Bauelement und Bauteil sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes oder Bauteils

5

Die Erfindung betrifft ein Lot zur Verbindung mikroelektromechanischer Bauelemente nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, ein mikroelektromechanisches Bauelement nach dem Oberbegriff des Anspruchs 3, ein mikroelektromechanisches Bauteil nach dem Oberbegriff des Anspruchs 6 und ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes oder Bauteils nach dem Oberbegriff des Anspruchs 14.

10

Die Offenlegungsschrift DE 198 45 104 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines mikroelektromechanischen Bauteils, nämlich thermoelektrischer Wandler, hergestellt auf Waferniveau in verschiedenen Ausführungsbeispielen. Bei einigen Ausführungsbeispielen werden die thermoelektrischen Bauelemente aus zwei Substratwafern, beschichtet mit den jeweiligen komplementären n/p-Materialien, zu einem Bauteil zusammen gebaut.

15

20

Das mikroelektromechanische Bauteil (hier ein Wandler) setzt sich aus mehreren Bauelementen zusammen. Auf das Bauteil können dann wiederum weitere Bauelemente (z.B. eine Laserdiode) angeordnet werden.

25

Bei der Herstellung des thermoelektrischen Wandlers müssen in den letzten Verfahrensschritten beide Wafer gegeneinander strukturiert und verlötet werden. Dazu werden in der DE 198 45 104 A1 eine Reihe von Verfahren angegeben. Als geeignetes Lot, das für Anwendungen in der Bauteil- und / oder Bauelementherstellung strukturierbar sein muss, wird das System Gold-Zinn angegeben. Mit diesem Lot ist eine für die Funktionsfähigkeit der Bauelemente notwendige Löttemperatur knapp über der eutektischen Temperatur von 278°C erreichbar. Gold-Zinn wird als Lot standardmäßig in der Elektrotechnik

30

35

## 2

für eine Vielzahl von Anwendungen, auch wegen seines relativ edlen Charakters (hoher Gold-Gehalt), eingesetzt.

Ein Nachteil des Lotmaterials Gold-Zinn ist, dass dieses

- 5 Material für die Verwendung in Dünnschichttechnologien z.B. im Falle gesputterter Kontakte als spezielles Target mit ungefähr der Bruttozusammensetzung der eutektischen Legierung hergestellt werden muss. Von Mehrkomponententargets ist bekannt, dass diese ihre Zusammensetzung durch
- 10 preferentielles Sputtern unterschiedlicher Elemente mit der Zeit verändern, so dass das prinzipielle Problem der Veränderung der Zusammensetzung der aufgesputterten Dünnschicht immer vorhanden ist.

- 15 Das analoge Problem ergibt sich bei der thermischen Verdampfung aus einer Mischquelle. Ein weiterer signifikanter Nachteil dieses Lotes für das oben genannte Wafer/Wafer Bonden ergibt sich auch direkt aus dem Phasendiagramm des Systems Gold-Zinn (siehe Fig. 1). Beginnend am Eutektikum mit
- 20 70at% Gold steigt die Temperatur der Soliduskurve mit steigendem Goldgehalt stark an. Eine mögliche Anreicherung von Gold in der gesputterten Schicht im Vergleich zum Target hätte einen starken Anstieg der notwendigen Löttemperatur zur Folge. Eine Prozessoptimierung ist damit erschwert.

Da der Lötvorgang zur Schonung des gesamten Bauteilaufbaues bei möglichst geringen Temperaturen durchgeführt werden muss, darf die Löttemperatur die eutektische Temperatur von 278°C

30 nicht weit übersteigen.

Es besteht daher die Aufgabe, ein Lot zu schaffen, das diese Merkmale nicht aufweist und insbesondere leicht zu verarbeiten und zu strukturieren ist.

35

Die Aufgabe wird durch ein Lot gemäß Anspruch 1 gelöst.

Durch eine Mischung aus Gold und Bismut wird eine gute Strukturierbarkeit erreicht. Ferner ist Bismut in Elementform einsetzbar, wobei Bismut als Element im üblichen Umgang ungiftig ist, deshalb ist nach den deutschen

5 Vorschriften keine der Sicherheitskennzeichnungen notwendig. Ferner ist Bismut als edles Element bekannt und kommt in der Natur gediegen vor. Auch ist Bismut in Dünnschichtprozessen leicht zu verarbeiten und zu ätzen.

10 Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Lot mindestens einen Anteil einer eutektischen Mischung von Gold und Bismut. aufweist. Diese Ausführungsform weist sogar eine niedrigere eutektische Temperatur als das bekannte Gold-Zinn Lotmaterial auf. Das erfindungsgemäße Lot ist mit Gold gut verlötbar,  
15 was durch den eutektischen Kontakt gewährleistet ist. Die eutektische Mischung aus Gold und Bismut wird unten im Zusammenhang mit Fig. 2 näher erläutert.

Es besteht ferner die Aufgabe, ein mikroelektromechnisches  
20 Bauelement zu schaffen, das sich effizient verlöten lässt.

Die Aufgabe wird auch durch ein mikroelektromechanisches Bauelement mit mindestens einer Lötsschicht zur Verbindung mit mindestens einem weiteren Bauelement gelöst, wobei mindestens  
5 eine Lötsschicht ein erfindungsgemäßes Lot aufweist. Das erfindungsgemäße Bauelement kann aber auch eine Goldschicht zur Herstellung einer Lötverbindung mit einer Bismutschicht oder eine Bismutschicht zur Herstellung einer Lötverbindung mit einer Goldschicht aufweisen. In den letzten beiden Fällen  
30 wird ein Bauelement mit einem ersten Lotpartner (z.B. Gold) versehen, das dann unter Erhitzung mit einem anderen Bauelement mit dem zum ersten Lotpartner komplementären zweiten Lotpartner (z.B. Bismut) verbunden wird.

35 Vorteilhafterweise weist das Bauelement Lötsschichten auf gegenüberliegenden Seiten zur Verbindung mit mindestens zwei

weiteren Bauelementen auf. Damit sind kompakte Bauformen möglich.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist mindestens eine  
5 Löttschicht vor der Verlötung eine Schichtdicke von 100 nm bis  
10  $\mu\text{m}$  insbesondere 1 bis 2  $\mu\text{m}$  auf.

Auch besteht die Aufgabe ein mikroelektromechanisches Bauteil  
zu schaffen, dass sich effizient mit Lötverbindungen  
10 zusammensetzen lässt.

Diese Aufgabe wird durch ein mikroelektromechanisches Bauteil  
mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst, wobei eine  
Lötverbindung mindestens zwei Bauelemente gemäß den  
15 Ansprüchen 3 bis 5 verbindet, von denen mindestens ein  
Bauelement eine elektrische Funktionalität, thermische  
Funktionalität und / oder haftende Funktionalität aufweist.  
Ein Bauteil kann selbst zum Bauelement eines weiteren  
komplexeren Bauteils werden. Die Verbindung der Bauelemente  
20 wird erfindungsgemäß zumindest teilweise mit der  
erfindungsgemäßen Lötverbindung hergestellt.

Vorteilhafterweise verbindet dabei mindestens eine  
Lötverbindung zwei Substrate mit jeweils darauf angeordnetem  
thermoelektrischen Material miteinander. Damit lassen sich in  
einfacher Weise thermoelektrische Wandler oder  
Peltierelemente aufbauen.

Mit Vorteil verbindet eine Lötverbindung ein Bauelement mit  
30 einer Laserdiodenvorrichtung. Damit lassen sich z.B.  
Peltierkühlelemente zur Kühlung von Laserdioden einsetzen.

Auch ist es vorteilhaft, wenn mindestens eine Lötverbindung  
ein Bauelement mit einer Fluidikzelle, einer IDK-Struktur als  
35 Feuchtsensor und / oder einem Bauelement mit einem Kühlkörper  
verbindet. Ferner ist es vorteilhaft, wenn mindestens eine  
Lötverbindung ein Bauelement mit einem optoelektronischen

5

Verstärker, einem optoelektronischen Modulator, einer LED, einer Fotodiode, einem Fototransistor und / oder einem Optokoppler verbindet. In allen Fällen lassen sich sehr kompakte Bauformen erreichen.

5

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Verbindung mittels Submounttechnologie unter Verwendung eines Lotes gemäß Anspruch 1 ausgebildet. Die Lötverbindung weist mindestens einen Anteil an Gold-Bismut auf.

10

Schließlich ist es auch eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines mikroelektromechanischen Bauelements oder Bauteils zuschaffen.

15

Die Aufgabe wird auch durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst.

Dabei wird:

20

a) Bismut (1, 11, 21), Gold (13, 23) oder eine Mischung aus Bismut und Gold als erster Lotpartner auf eine erste Seite einer Lötverbindung (30) aufgebracht und anschließend

25

b) zur Herstellung einer eutektischen Lötverbindung (30) der erste Lotpartner mit einem zweiten, komplementären Lotpartner aus Gold, Bismut (1, 11, 21) oder einer Mischung aus Gold und Bismut unter thermischer Einwirkung in Verbindung gebracht.

30

Somit können die Lotpartner reine Metalle (Gold, Bismut) oder Mischungen aus diesen reinen Metallen sein. Nach der Abkühlung liegt eine Lötverbindung vor, die ganz oder teilweise eine eutektische Verbindung aus Gold und Bismut aufweist.

35

Besonders vorteilhaft ist es, wenn komplementär zu Bismut als erstem Lotpartner Gold als zweiter Lotpartner auf eine zweite

Seite der Lötverbindung aufgebracht wird. Auch ist es vorteilhaft, wenn die Lotpartner Gold und Bismut jeweils in solcher Zusammensetzung auf die Seiten der Lötverbindung aufgebracht werden, dass nach der Verlötung

5 Konzentrationsverhältnisse eines Gold- Bismut Eutektikums vorliegen.

10 Mit Vorteil wird mindestens eine Schicht der Lötverbindung über eine Dünnschichtmethode, insbesondere ein PVD-Verfahren wie thermisches Aufdampfen, Sputtern oder Molekularstrahlepitaxie aufgebracht.

15 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung, wird mindestens eine Schicht der Lötverbindung über ein CVD-Verfahren oder das Aufbringen einer Paste hergestellt.

Auch ist es vorteilhaft, wenn die Strukturierung mindestens einer Schicht der Lötverbindung über Trockenätzen und oder / Nassätzen erfolgt. Alternativ oder zusätzlich ist es  
20 vorteilhaft, wenn die Strukturierung mindestens einer Lötsschicht der Dünnschichtlötverbindung mit einem Dünnschichtlot im Rahmen eines Lift-Off Prozesses erfolgt.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnungen an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das Phasendiagramm des vorbekannten Dünnschichtlotes Gold-Zinn;

30

Fig. 2 das Phasendiagramm des erfindungsgemäßen Lotes Gold-Bismut;

35

Fig. 3a, b eine schematische Darstellung der Herstellung einer lötfähigen Bismut-Dünnschicht durch ein Ätzverfahren;

Fig. 4a, b eine schematische Darstellung der Herstellung einer lötfähigen Bismut-Dünnschicht durch ein Lift-off Verfahren;

5 Fig. 5a ein Ausführungsbeispiel mit einer eutektischen Gold-Bismut Dünnschichtlötverbindung vor dem Löten;

10 Fig. 5b die Gold-Bismut Dünnschichtlötverbindung des Ausführungsbeispiels der Fig. 5a nach dem Löten;

15 Fig. 6a, b ein Ausführungsbeispiel mit einer eutektischen Dünnschichtlötverbindung in einem mikroelektromechanischen Bauteil mit zusätzlichen funktionellen Schichten.

20 Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel mit einem eutektischen Gold-Bismut Dünnschichtlot mit einer Vorrichtung zur Laserkühlung;

Fig. 8 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Dünnschichtlötverbindung mit einer Fluidikzelle und / oder einer IDK-Struktur;

25 Fig. 9 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Dünnschichtlötverbindung mit einem Kühlkörper.

30 In Fig. 1 ist ein Phasendiagramm für das binäre System Gold-Zinn (AuSn) dargestellt, das in der Elektronik als Dünnschichtlot verwendet wird.

Für die vorliegende Erfindung ist das Eutektikum bei 30at% Zinn, 70at% Au (obere x-Achse) relevant.

35 In Fig. 2 ist ein Phasendiagramm für eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Dünnschichtlotes mit einem Gold - Bismut (AuBi) System dargestellt. Die Atomprozentante an Bismut sind an



der unteren x-Achse angegeben. Dieses Stoffsystem weist die notwendige geringe eutektische Temperatur auf, nämlich 241°C bei ca. 87 at% Bismut. Dabei steigt die Soliduskurve ausgehend vom eutektischen Punkt nur langsam an, d.h. die Temperatur der letzten Schmelze ist unempfindlicher gegen kleine Konzentrationsschwankungen.

Für die Herstellung von dünnschichtthermoelektrischen Bauteilen, wie in der DE 198 45 104 A1, vereinfacht sich der dort beschriebene Herstellungsablauf bei Verwendung eines Gold-Bismut Systems wesentlich. Der Lötpartner Bismut ist im Gegensatz zum Lötpartner Gold-Zinn (siehe oben), leicht strukturierbar. Bei nasschemischen Verfahren bilden sich hier keine störenden Reaktionsprodukte. Der Lötvorgang wird vereinfacht durch die erhebliche Aufnahme von Gold in Bismut von 20 at % bei ungefähr 300 °C mit der Ausbildung des  $\text{Au}_2\text{Bi}$  / Bi Eutektikums beim Abkühlen (siehe Fig. 2). Vereinfachend wird das  $\text{Au}_2\text{Bi}$  - Bi Eutektikum auch als Gold-Bismut Eutektikum bezeichnet.

Ausgehend vom Gold kann die Schichtfolge Gold,  $\text{Au}_2\text{Bi}$  als Primärausscheidung, Gold-Bismut Eutektikum, Bismut erwartet werden.

Die flache Soliduskurve in der Nachbarschaft des Eutektikums ergibt darüber hinaus Spielraum in der Prozessgestaltung des Lötens.

In den folgenden Ausführungsbeispielen werden sowohl mögliche Anwendungen des erfindungsgemäßen Dünnschichtlots erläutert. Dabei werden zunächst Strukturierungen von Bismutschichten beschrieben (Fig. 3, 4), die dann zusammen mit Goldschichten zu Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Dünnschichtlötverbindungen zusammengefügt werden (Fig. 5 bis 9).

In Fig. 3 und 4 wird nur die Herstellung einer Bismutschicht 1 auf einem Substrat 10 beschrieben, wobei die Bismutschicht 1 dann mit einer jeweils in den Fig. 3 und 4 nicht dargestellten Goldschicht auf einem anderen Substrat verlötet wird.

Nach dem Verlöten liegt eine Gold-Bismut Dünnschichtlötverbindung 30 vor, was in Fig. 5 dargestellt ist. Eine solche Bauform kann insbesondere für eine Sandwich-Verbindung zweier Teile eines thermoelektrischen Bauteils verwendet werden, das in der DE 198 45 104 A1 beschrieben ist.

Die Herstellung strukturierter lötfähiger Bismutschichten 1 erfolgt in den hier dargestellten Ausführungsformen nach den üblichen Methoden der Dünnschichttechnik. Das erfindungsgemäße Lot, die erfindungsgemäßen Bauelemente und Bauteile und das erfindungsgemäße Verfahren sind aber nicht auf Dünnschichtverfahren beschränkt.

In Fig. 3a ist ein Substrat 10 für ein mikroelektromechanisches Bauteil dargestellt, auf das eine Bismutschicht 1 aufgebracht wurde. Diese Bismutschicht 1 wird mittels einer Photolackschicht 2 in üblicher Weise, z.B. durch trockenes Ätzen oder nasschemisches Ätzen strukturiert.

In Fig. 3b ist das Ergebnis nach der Ätzung dargestellt, nämlich eine strukturierte Bismutschicht 1 auf dem Substrat 10. Die Photolackschicht 2 ist bereits entfernt worden.

Analog kann eine Goldschicht auf einem anderen Substrat (hier nicht abgebildet) hergestellt werden, die dann zusammen korrespondierend mit der Bismutschicht 1 eine erfindungsgemäße Gold-Bismut-Dünnschichtlötverbindung 30 bilden können. Dies ist in Fig. 5 dargestellt.

10

Die Dicken beide Materialschichten (Gold, Bismut) liegen im Bereich zwischen wenigen 100nm bis 10  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise um 1-2  $\mu\text{m}$ .

- 5 Die Materialien der prozesstechnischen Hilfsschichten für Ätzung oder Lift-off richten ihrer Beschaffenheit und Schichtdicke nach den Erfordernissen der Lötmaterialien sowie der eingesetzten Strukturierungstechnologie. Vorzugsweise kann für beide Lötpartner Gold und Bismut und beide erwähnten
- 10 Ätztechnologien Photolack eingesetzt werden.

- Fig. 4a, b zeigen schematisch die Herstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dünnschichtlötverbindung über einen Lift-off Prozess. Dabei
- 15 wird eine Photolackschicht 2 strukturiert, auf die anschließend eine Bismutschicht 1 aufgebracht wird (Fig. 4a). Nach einem Ätzschritt liegt eine strukturierte Bismutschicht 1 auf dem Substrat 10 vor (Fig. 4b).

- 20 Die Zusammenfügung einer solchen strukturierten Bismutschicht 11 mit einer Goldschicht 23 ist in Fig. 5 dargestellt.

- Die Dicken für beide Materialien (Gold, Bismut) liegen im Bereich zwischen wenigen 100 nm und 10  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise um
- 25 1-2  $\mu\text{m}$ . Die Materialien der prozesstechnischen Hilfsschichten für Ätzung oder Lift-off richten sich in ihrer Beschaffenheit und Schichtdicke nach den Erfordernissen der Lötmaterialien sowie der eingesetzten Strukturierungstechnologie. Vorzugsweise kann für beide Lötpartner Gold und Bismut und
- 30 übliche physikalische Beschichtungsverfahren Photolack für den Lift-off Prozess eingesetzt werden.

- Fig. 5a zeigt schematisch eine Dünnschichtlötverbindung 30 mit strukturierten Metallschichten 11, 21 direkt vor dem
- 35 Lötvorgang. Dabei wird die Bismutschicht 11 als erster Lötpartner auf einem ersten Substrat 10, die Goldschicht 23

11

als zweiter Lotpartner auf einem zweiten Subtrat 20 angeordnet.

Die Bismutschicht 11 weist Strukturen auf, die zu den  
5 Strukturen der Goldschicht 23 korrespondieren, d.h. es kann ein Kontakt der gegenüberliegenden Lotpartner hergestellt werden.

10 In Fig. 5b ist schematisch das Ausführungsbeispiel der eutektischen Gold-Bismut-Dünnschichtlötverbindung 30 mit strukturierten Metallschichten 11, 23 nach Ausbildung des Eutektikums dargestellt.

15 Die erfindungsgemäße eutektische Dünnschichtlötverbindung 30 wird somit durch die Verbindung der Bismutschicht 11 und der Goldschicht 23 hergestellt. Nach dem Lötvorgang ist zwischen noch bestehenden Anteilen unverbrauchten Quellenmaterials das Eutektikum ausgebildet. Es liegt eine Sandwichstruktur vor.

20 Des Weiteren ist es alternativ möglich, wie im Falle von Gold-Zinn, die eutektische Zusammensetzung Gold zu Bismut durch entsprechende Vorgaben während der jeweiligen physikalischen Beschichtungsmethode als physikalische Mischung voreinzustellen und damit u.U. als Lotschicht zu  
25 verwenden.

In Fig. 6a und 6b wird die Verwendung des erfindungsgemäßen Dünnschichtlotes beim Aufbau eines mikroelektromechanischen Bauteils beschrieben.

30

Als Beispiel wird hier ein thermoelektrisches Bauteil mit zwei komplementären n/p-Wafern 10, 20 als Substrate verwendet; die Substrate 10, 20 stellen hier die Bauelemente dar, aus denen das Bauteil aufgebaut wird. Aufbau und  
35 Struktur der komplementären n/p-Wafer entsprechen einem Ausführungsbeispiel in der DE 198 45 104 A1.

12

Dabei zeigt Fig. 6a das Bauteil vor der Verlötung mit einer eutektischen Gold-Bismut-Dünnschichtlötverbindung.

Das erste Substrat 10 ist mit einer ersten Isolierschicht 16  
5 versehen, auf der eine erste Goldschicht 13 als Bondelektrode und eine erste strukturierte thermoelektrische Schicht 14 angeordnet ist. Auf der Struktur der ersten thermoelektrischen Schicht 14 ist eine erste Bismutschicht 11 angeordnet.

10

Dazu korrespondiert auf dem zweiten Substrat 20 eine zweite Goldschicht 23 als Bondelektrode. Zwischen der zweiten Bondelektrode 23 und dem zweiten Substrat 20 ist eine zweite Isolierschicht 26 angeordnet.

15

Analog zum ersten Substrat 10 weist das zweite Substrat 20 eine zweite strukturierte Schicht thermoelektrischen Materials 24 auf, auf der eine zweite Bismutschicht 21 angeordnet ist.

20

Insgesamt liegt ein thermoelektrisches Bauteil A in Sandwichbauweise vor, das z.B. als Peltierkühler einsetzbar ist. In Fig. 6b sind die beiden Substrate 10, 20  
zusammengefügt dargestellt. Es werden an vier Stellen  
Dünnschichtlötverbindungen 30 zwischen Bismutschichten 11, 21 und Goldschichten 21, 23 gebildet.

In den Fig. 6a, 6b ist die Metallschichtanordnung zur Ausführung der eutektischen Lötung angegeben. Weitere u.U.

30 notwendige Metallschichten für Schichthaftung und/oder Diffusionsbarrieren sind hier nicht dargestellt.

Die in Fig. 6a, 6b vorgegebene Metallschichtanordnung mit Gold 13, 23 auf dem Substrat 10, 20 und Bismut 11, 21 auf der  
35 funktionellen thermoelektrischen Schicht 14, 24 kann auch in der gespiegelten Anordnung eingesetzt werden, d.h. Bismut- und Goldschichten werden vertauscht.

In Weiterführung des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 6a, 6b wird in Fig. 7 schematisch ein Ausführungsbeispiel für die Nutzung des erfindungsgemäßen Dünnschichtlotes ohne  
5 elektrische Funktionalität dargestellt.

Das Bauteil A gemäß Fig. 6b ist als unteres Teil in der Fig. 7 dargestellt. Ein oberes Bauelement B wird dann mit dem Bauteil A verbunden, so dass ein neues Bauteil aus den  
10 Bauelementen A, B entsteht. Für die Beschreibung der einzelnen Schichten des nunmehr neuen Bauelements A kann auf die Beschreibung der Fig. 6a, 6b verwiesen werden.

In seiner Gesamtheit kann das Bauelement A (Peltierelement, thermoelektrisches Element) als Kühlvorrichtung für eine  
15 Laserdiode 41, 42 dienen. Dabei wird das erfindungsgemäße Dünnschichtlot zum Aufbonds der Laserchips 41, 42 und gleichzeitig für einen der elektrischen Anschlüsse des aufgebondeten Lasers genutzt, wobei dafür ebenfalls beide  
20 möglichen Schichtreihenfolgen für die Lotmetalle verwendet werden können. Dabei wird sowohl die innere Haftqualität der eutektischen Verbindung, die gute thermische Ankopplung an den Peltierkühlkörper, so wie die elektrische Funktionalität genutzt. Dies ist ein Beispiel für die Verwendung des  
25 Dünnschichtlotes bei Submounttechnologien. Eines der Substrate 10 des Peltierkühlers wird dabei doppelseitig genutzt.

Auf dem ersten Subtrat 10 sind an der Oberseite ein  
30 Bismutkontakt 31 und ein Goldkontakt 33 angeordnet, die jeweils mit Laserdioden 41, 42 verbunden werden können. Die erste Laserdiode 41 ist mit einer zu dem Bismutkontakt 31 komplementären dritten Goldschicht 33 versehen. Die zweite Laserdiode 42 ist mit einer zu dem Goldkontakt 33  
35 komplementären dritten Bismutschicht 34 versehen.

Ausgehend von dem Bauelement A gemäß Fig. 6b werden in Fig. 8 zwei weitere Ausführungsformen beschrieben. Dabei wird das eutektische Dünnschichtlot als Bondkontakt ohne elektrische Funktionalität verwendet, nämlich als Aufnahme von thermisch  
5 angekoppelten Fluidikzellen 50 und / oder zur Aufnahme einer Interdigital-Kondensatorstruktur (IDK-Struktur) zur Feuchtemessung 60.

In Fig. 8 ist im unteren Teil das Bauelement A gemäß Fig. 6b  
10 angeordnet; Bauelement A dient hier als Peltierkühler.

Hier wird das erfindungsgemäße Dünnschichtlot zum Aufbonds einer Fluidikzelle und/oder eines kapazitiven Feuchtsensors genutzt, wobei dafür ebenfalls beide möglichen  
15 Schichtreihenfolgen für die Lotmetalle genutzt werden können.

Die IDK-Struktur 60 ist zur leichteren Erkennung in die Papierebene gekippt. In diesem Beispiel wird schematisch die Nutzung des erfindungsgemäßen Lotes für die  
20 Thermostatisierung einer Fluidikzelle 50 auf einem Peltierkühler gezeigt. Hier wird sowohl die innere Haftqualität der eutektischen Verbindung, als auch die gute thermische Ankopplung an den Peltierkühlkörper genutzt. Eine elektrische Nutzung der Lötverbindung liegt hier nicht vor.

In Weiterführung des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 7 wird in Fig. 9 schematisch die simultane Nutzung des Dünnschichtlotes mit und ohne elektrische Funktionalität  
gezeigt. Das erste Bauelement A entspricht dem Gegenstand, 30 der in der Fig. 6b dargestellt ist. Über dem Bauelement A ist ein zweites Bauelement, nämlich eine Laserdiodenschaltung 41, 42 gemäß Fig. 7 angeordnet.

Gemäß der Ausführungsform gemäß Fig. 9 wird das Lot in  
35 Erweiterung zur Ausführungsform gemäß Fig. 7 zum Aufbonds von Kühlkörpern 70 genutzt (drittes Bauelement C), wobei

15

dafür ebenfalls beide möglichen Schichtreihenfolgen, siehe Bild 9. für die Lotmetalle genutzt werden können.

Der Kühlkörper 70 kann aus einem (100) anisotrop mit KOH geätztem Si-Wafer bestehen. In diesem Anwendungsbeispiel wird sowohl die innere Haftqualität der eutektischen Verbindung, als auch die gute thermische Ankopplung an den Peltierkühlkörper genutzt. Eine elektrische Nutzung liegt hier nicht vor.

10

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend angegebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, die von dem erfindungsgemäßen Dünnschichtlot, dem erfindungsgemäßen Bauelement oder Bauteil und dem erfindungsgemäßen Verfahren auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch machen.

20



## Bezugszeichenliste

	1	Bismutschicht
	2	Photolackschicht
5		
	10	erstes Substrat
	11	erste Bismutschicht
	13	erste Goldschicht (Bondelektrode)
	14	erste Schicht thermoelektrischen Materials
10	16	erste Isolierschicht
	20	zweites Substrat
	21	zweite Bismutschicht
	23	zweite Goldschicht (Bondelektrode)
15	24	zweite Schicht thermoelektrischen Materials
	26	zweite Isolierschicht
	30	Dünnschichtlötverbindung
	31	Bismutkontakt
20	32	dritte Goldschicht
	33	Goldkontakt
	34	dritte Bismutschicht
	41	erste Laserdiode
	42	zweite Laserdiode
	50	Fluidikzelle
	60	IDK-Struktur
30		
	70	Kühlkörper
	A	erstes Bauelement / Bauteil (Peltierkühler)
	B	zweites Bauelement
35	C	drittes Bauelement (Kühlkörper)

## Patentansprüche

- 5 1. Lot, insbesondere Dünnschichtlot zur Verbindung  
mikroelektromechanischer Bauelemente,  
  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 10 das Lot eine Mischung von Gold und Bismut (1) aufweist.
2. Lot nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch  
mindestens einen Anteil einer eutektische Mischung von Gold  
(13, 23) und Bismut (1, 11, 21).
- 15 3. Mikroelektromechanisches Bauelement (A, B, C) mit  
mindestens einer Löttschicht (1, 11, 21, 13, 23) zur  
Verbindung mit mindestens einem weiteren Bauelement (A, B,  
C),
- 20 gekennzeichnet durch,  
  
mindestens eine Löttschicht (1, 11, 21, 13, 23) aus einem Lot  
gemäß Anspruch 1 oder 2,  
einer Goldschicht zur Herstellung einer Lötverbindung (30)  
mit einer Bismuttschicht oder  
einer Bismuttschicht zur Herstellung einer Lötverbindung (30)  
mit einer Goldschicht.
- 30 4. Mikroelektromechanisches Bauelement nach Anspruch 3,  
gekennzeichnet durch Löttschichten (1, 11, 21, 13,  
23) auf gegenüberliegenden Seiten zur Verbindung mit  
mindestens zwei weiteren Bauelementen (B, C).
- 35 5. Mikroelektromechanisches Bauelement nach Anspruch 3 oder  
4, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine  
Löttschicht (1, 11, 21, 13, 23) vor der Verlötung eine

18

Schichtdicke von 100 nm bis 10  $\mu\text{m}$  insbesondere 1 bis 2  $\mu\text{m}$  aufweist.

5 6. Mikroelektromechanisches Bauteil,

dadurch gekennzeichnet, dass

eine Lötverbindung (30), insbesondere eine

10 Dünnschichtlötverbindung mindestens zwei Bauelemente (A, B, C) gemäß Anspruch 3 bis 5 verbindet, von denen mindestens ein Bauelement (A, B, C) eine elektrische Funktionalität, thermische Funktionalität und / oder haftende Funktionalität aufweist.

15

7. Mikroelektromechanisches Bauteil nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine

Lötverbindung (30) zwei Substrate (10, 20) mit jeweils darauf angeordnetem thermoelektrischen Material (14, 24) miteinander

20 verbindet, insbesondere zur Bildung von Peltierkühlern oder thermoelektrischen Wandlern.

8. Mikroelektromechanisches Bauteil nach Anspruch 6 oder 7,

dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine

Lötverbindung (30) ein Bauelement (A) mit einer Laserdiodenschaltung (41, 42) verbindet.

9. Mikroelektromechanisches Bauteil nach mindestens einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass

30 mindestens eine Lötverbindung (30) ein Bauelement (A) mit einer Fluidikzelle (50) verbindet.

10. Mikroelektromechanisches Bauteil nach mindestens einem

der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass

35 mindestens eine Lötverbindung (30) ein Bauelement (A) mit einer IDK-Struktur (60) als Feuchtsensor verbindet.

11. Mikroelektromechanisches Bauteil nach mindestens einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Lötverbindung (30) ein Bauelement (A) mit einem Kühlkörper (70) verbindet.

5

12. Mikroelektromechanisches Bauteil nach mindestens einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Lötverbindung (30) ein Bauelement (A, B, C) mit einem optoelektronischen Verstärker, einem optoelektronischen Modulator, einer LED, einer Fotodiode, einem Fototransistor und / oder einem Optokoppler verbindet.

10

13. Mikroelektromechanisches Bauteil nach mindestens einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verbindung mittels Submounttechnologie unter Verwendung eines Lotes gemäß Anspruch 1 ausgebildet ist.

15

14. Verfahren zur Herstellung eines mikroelektromechanischen Bauelementes oder Bauteils (A, B, C),

20

dadurch gekennzeichnet, dass

a) Bismut (1, 11, 21), Gold (13, 23) oder eine Mischung aus Bismut und Gold als erster Lotpartner auf eine erste Seite einer Lötverbindung (30) aufgebracht wird, anschließend

25

b) zur Herstellung einer eutektischen Lötverbindung (30) der erste Lotpartner mit einem zweiten Lotpartner aus Gold, Bismut (1, 11, 21) oder einer Mischung aus Gold und Bismut unter thermischer Einwirkung in Verbindung gebracht wird.

30

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass komplementär zu Bismut (1, 11, 21) als erstem Lotpartner Gold (13, 23) als zweiter Lotpartner auf eine zweite Seite der Lötverbindung (30) aufgebracht wird.

35

20

16. Verfahren nach mindestnes einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Schicht (1, 11, 21, 13, 23) der Lötverbindung (30) über eine Dünnschichtmethode, insbesondere ein PVD-Verfahren wie thermisches Aufdampfen, Sputtern oder Molekularstrahlepitaxie aufgebracht wird.

17. Verfahren nach mindestnes einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Schicht (1, 11, 21, 13, 23) der Lötverbindung (30) über eine ein CVD-Verfahren oder das Aufbringen einer Paste hergestellt wird.

18. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierung mindestens einer Schicht (1, 11, 21, 13, 23) der Lötverbindung (30) über Trockenätzen und oder / Nassätzen erfolgt.

19. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierung mindestens einer Lötschicht (1, 11, 21, 13, 23) der Lötverbindung (30) mit einem Lot im Rahmen eines Lift-Off Prozesses erfolgt.

## Zusammenfassung

Lot, mikroelektromechanisches Bauelement und Bauteil sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes oder

5 Bauteils

Die Erfindung betrifft ein Lot, insbesondere ein Dünnschichtlot zur Verbindung mikroelektromechanischer Bauelemente, dadurch gekennzeichnet, dass das Lot eine

10 Mischung von Gold und Bismut (1) aufweist. Ferner betrifft die Erfindung Bauelemente und Bauteile mit einem solchen Lot, sowie Verfahren zur Herstellung von Bauelementen oder Bauteilen. Damit steht ein Lot zur Verfügung, das insbesondere leicht zu verarbeiten und zu strukturieren ist.

15

Fig. 2

FIG 1

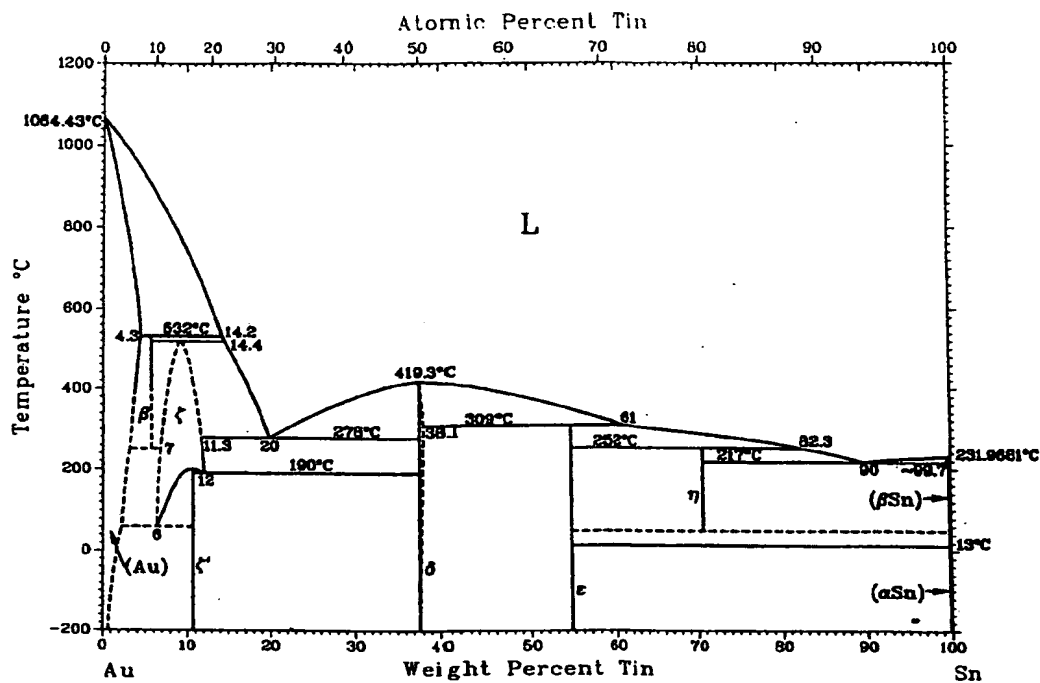


FIG 2

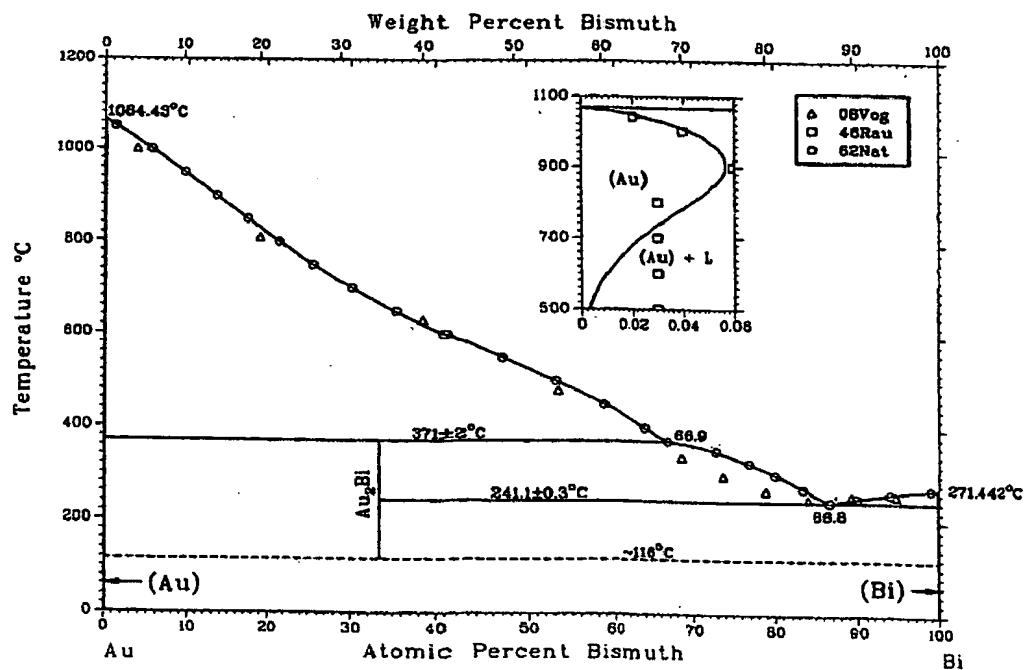


FIG 3A

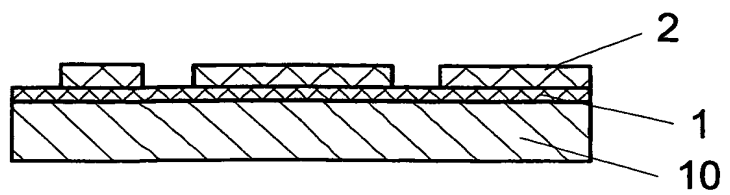


FIG 3B

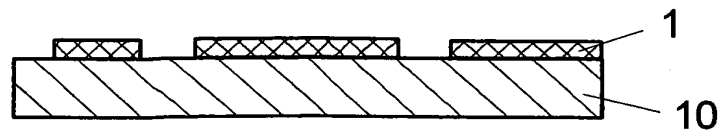


FIG 4A

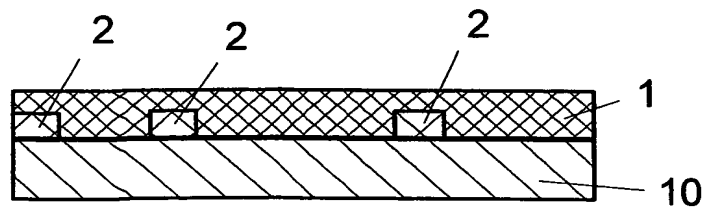


FIG 4B

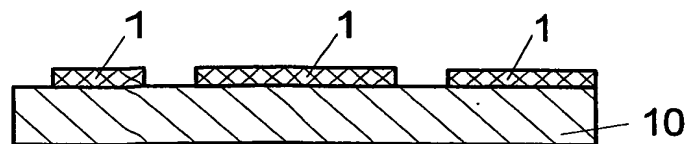


FIG 5A

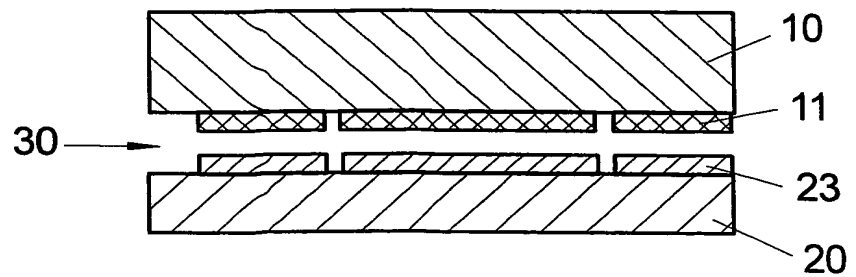


FIG 5B

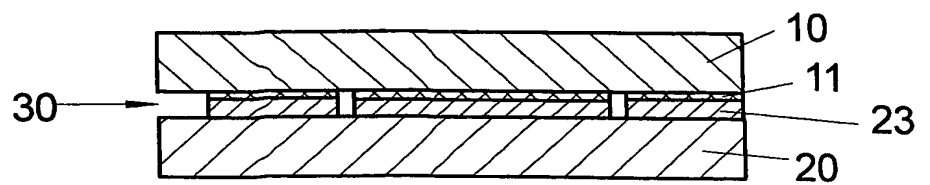




FIG 6A

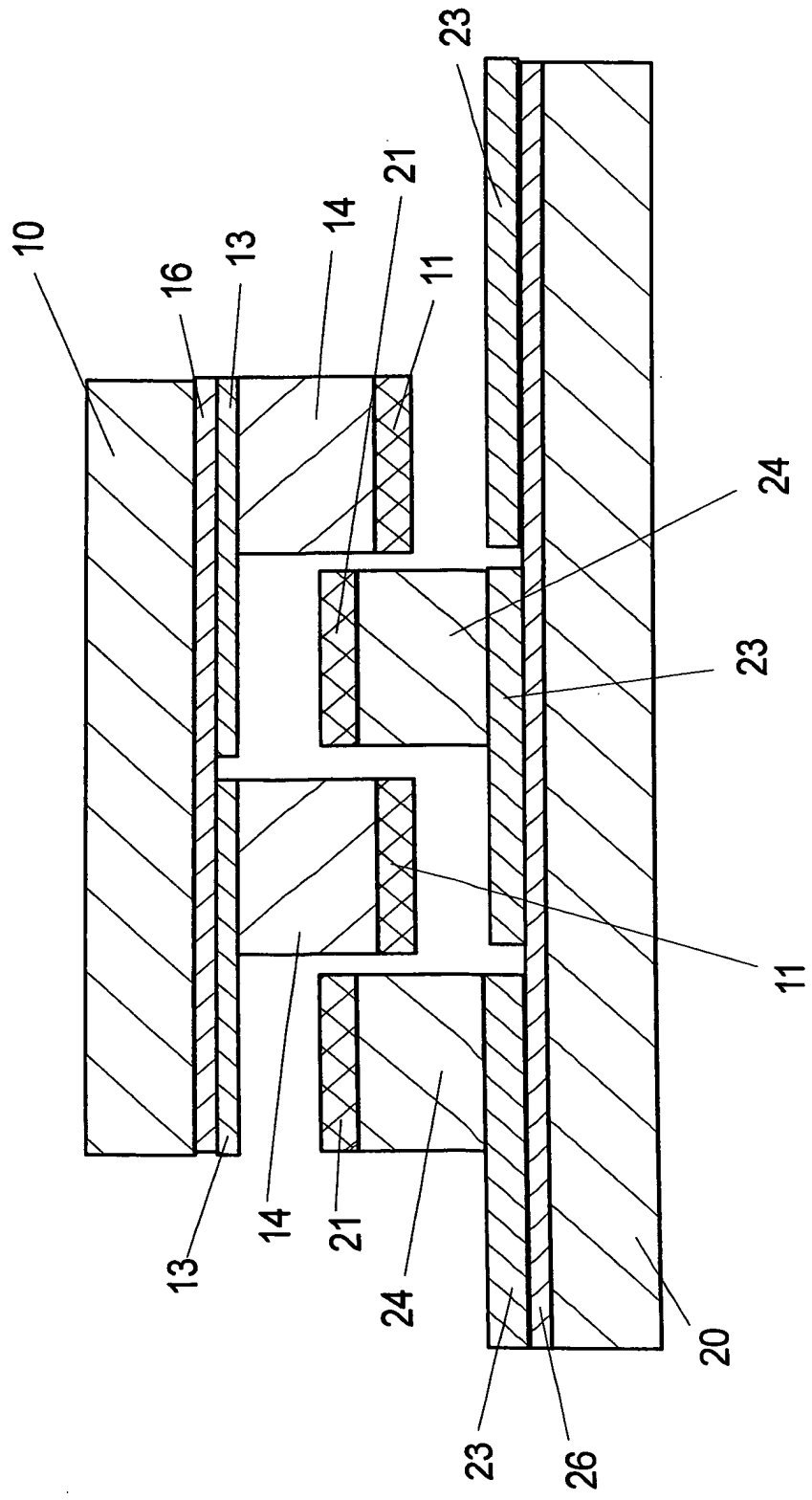


FIG 6B

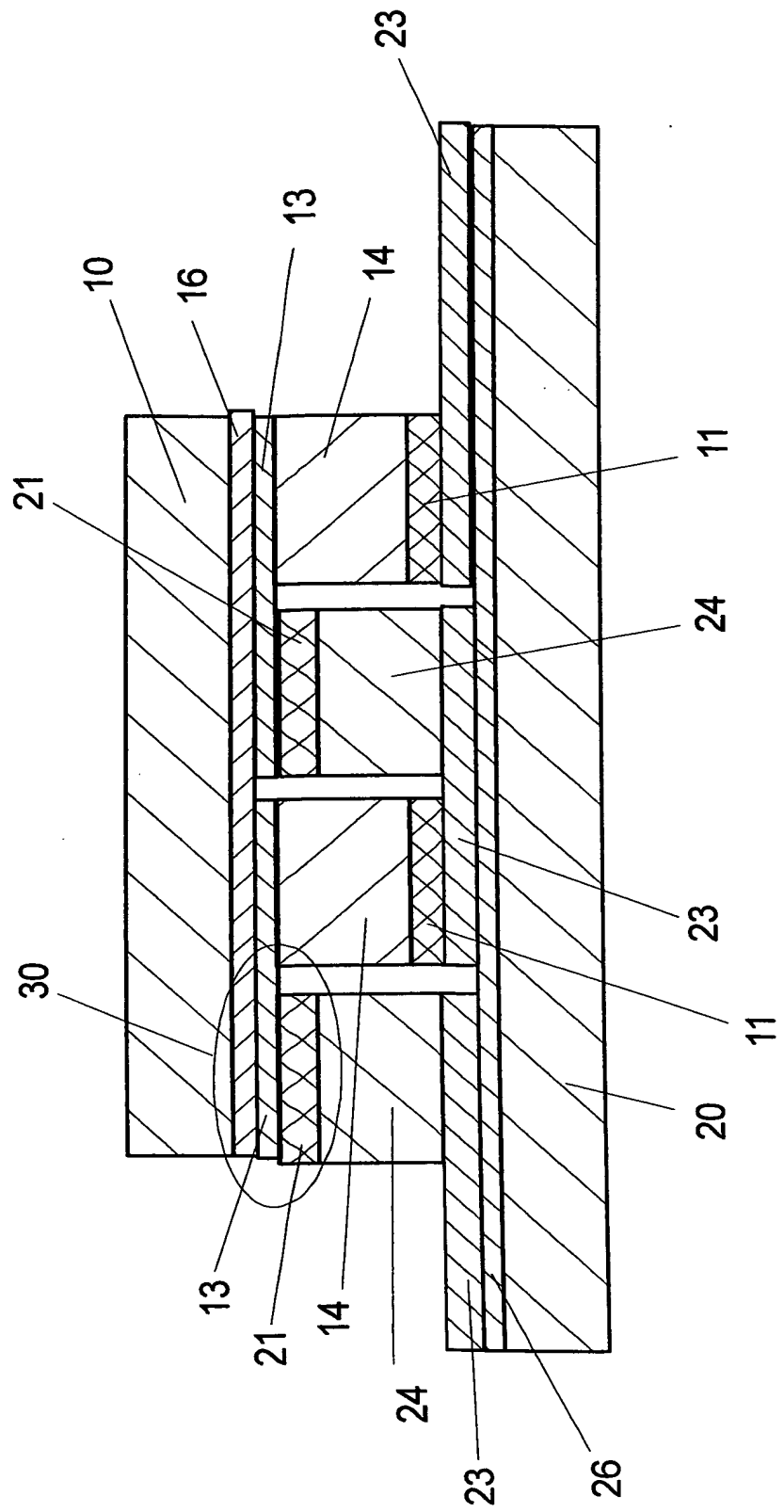


FIG 7

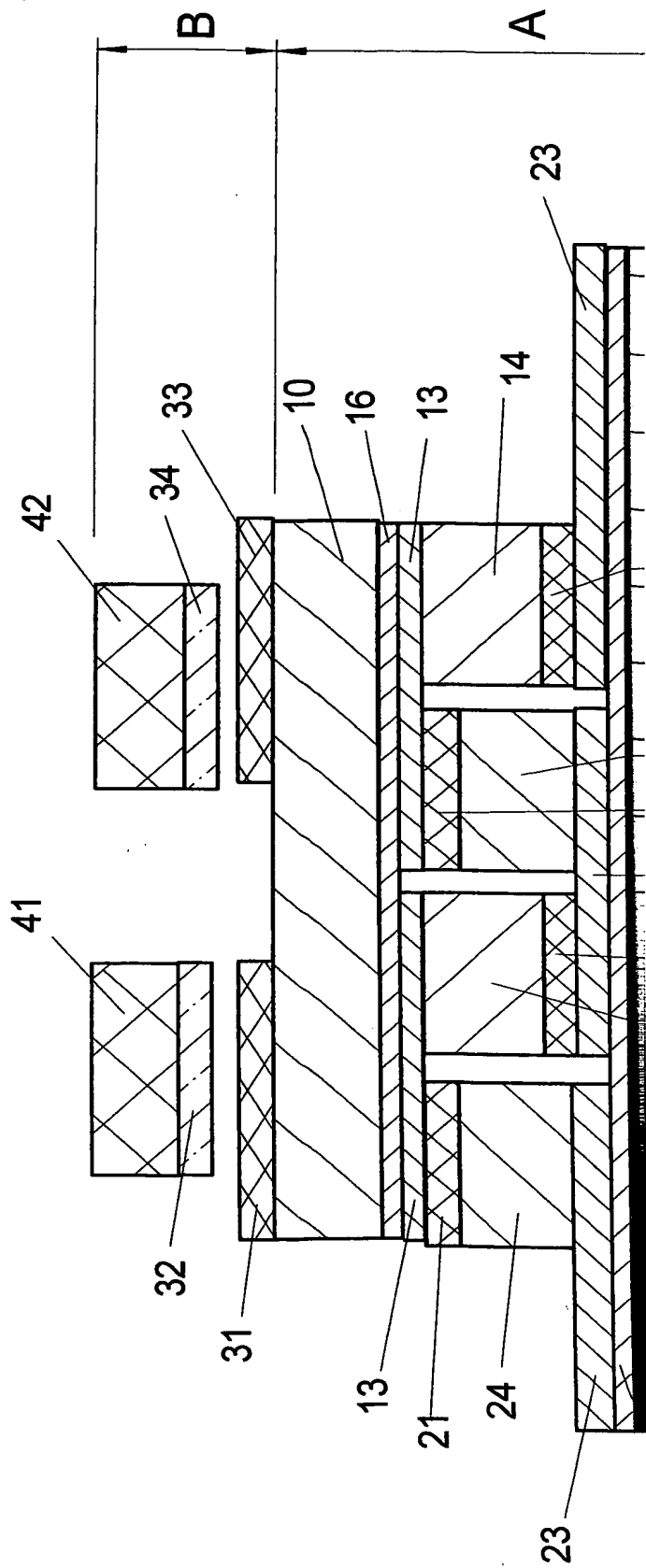


FIG 8

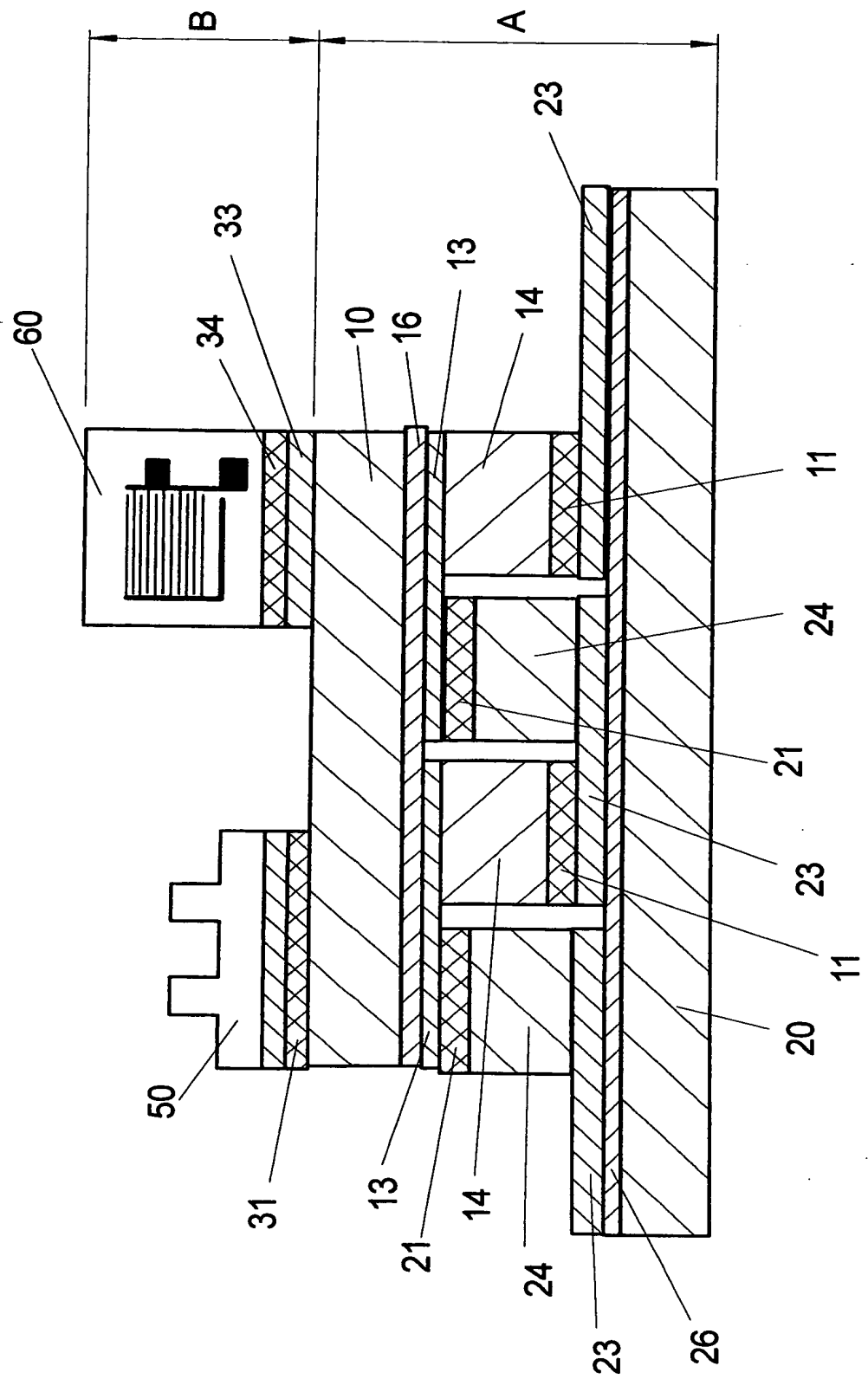


FIG 9

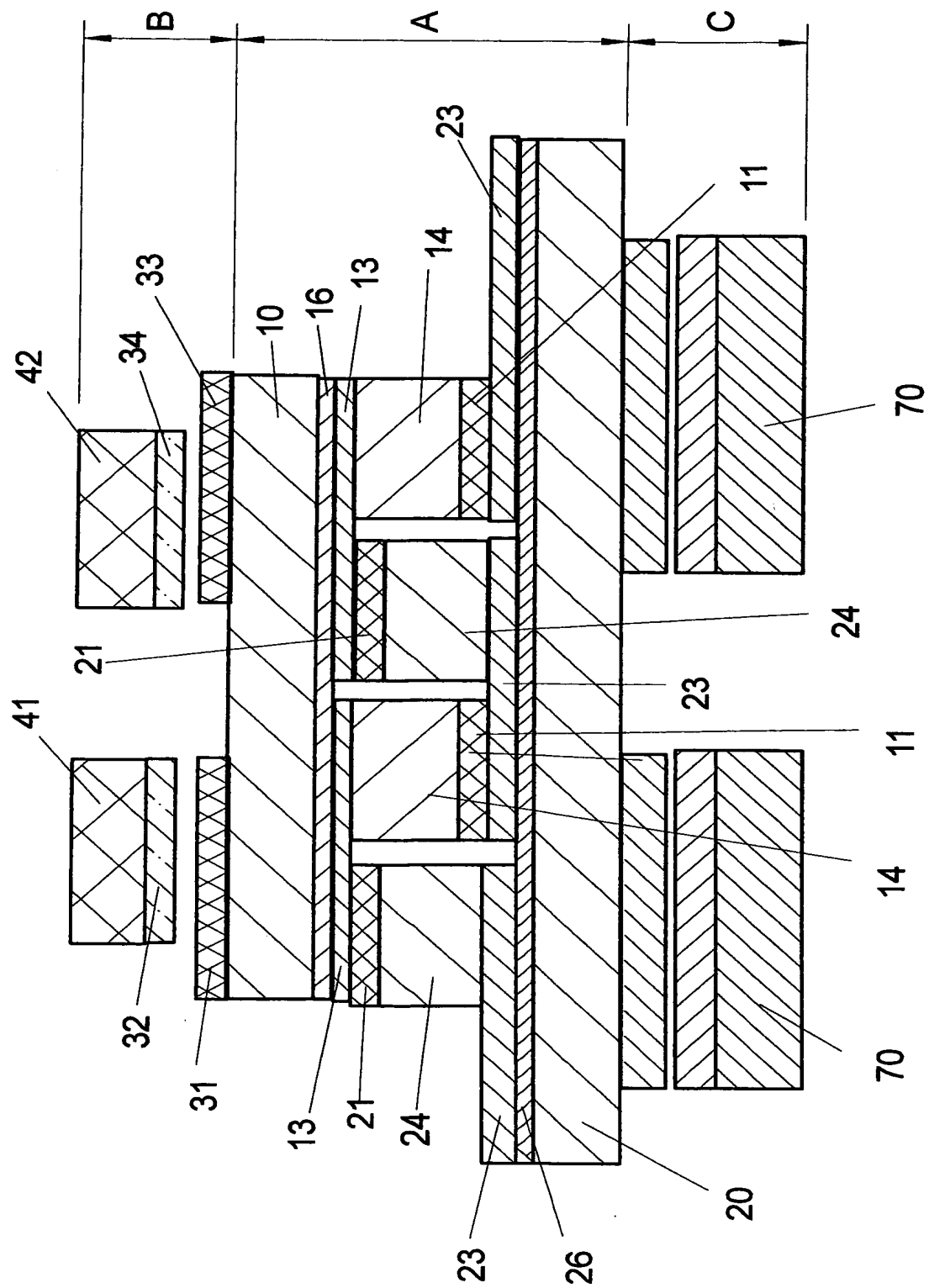


FIG 2

